

João Victor Silva do Valle Pereira

**A INFLUÊNCIA DO CONTEXTO COMPORTAMENTAL NA ESTRUTURA  
SOCIAL DE BOTOS-DA-TAINHA (*Tursiops truncatus*) QUE INTERAGEM COM  
PESCADORES ARTESANAIS**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em do  
Centro de Ciências Biológicas da Universidade  
Federal de Santa Catarina como requisito para a  
obtenção do Título de Bacharel em Ciências  
Biológicas

Orientador: Prof. Dr. Maurício Cantor

Coorientador: Prof. Dr. Fábio G. Daura-Jorge

Florianópolis

2018

#### Ficha de identificação da obra

do Valle Pereira, João Victor  
A INFLUÊNCIA DO CONTEXTO COMPORTAMENTAL NA ESTRUTURA  
SOCIAL DE BOTOS-DA-TAINHA (*Tursiops truncatus*) QUE  
INTERAGEM COM PESCADORES ARTESANAIS / João Victor do  
Valle Pereira ; orientador, Maurício Cantor, coorientador,  
Fábio Daura-Jorge, 2018.  
41 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas, Florianópolis,  
2018.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. Comportamento. 3. Ecologia  
Comportamental. 4. Sociedades Animais. 5. Cetáceos. I.  
Cantor, Maurício . II. Daura-Jorge, Fábio. III.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em  
Ciências Biológicas. IV. Título.

João Victor Silva do Valle Pereira

**A INFLUÊNCIA DO CONTEXTO COMPORTAMENTAL NA ESTRUTURA  
SOCIAL DE BOTOS-DA-TAINHA (*Tursiops truncatus*) QUE INTERAGEM COM  
PESCADORES ARTESANAIS**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel  
e aprovado em sua forma final pelo Programa ...

Florianópolis, 21 de junho de 2018.

---

Prof. Carlos Roberto Zanetti, Dr.  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Maurício Neves Cantor Magnani, Dr.  
Presidente da Banca - Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Fábio Gonçalves Daura-Jorge, Dr.  
Coorientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Leonardo Liberali Wedekin, Dr.  
Membro Titular  
Socioambiental Consultores Associados

---

Bianca Romeu, Me.  
Membro Titular  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Maurício Eduardo Graipel, Dr.  
Membro Suplente  
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos curiosos de plantão.

## AGRADECIMENTOS

Há muitos anos uma criança ganhava seu tempo em casa tentando entender o mundo fascinante do comportamento animal. Sozinho certamente essa tarefa seria impossível e por isso, hoje, num domingo, essa criança está tentando agradecer o pouco que sabe sobre essa área aos inúmeros responsáveis. E qual seria o melhor lugar para escrever meus agradecimentos se não em casa? Ou melhor, se não no LAMAq? Com meu chinelo combinado com uma meia nas canelas e uma calça de moletom, extremamente confortável e me sentindo mais em casa do que nunca, venho agradecer aos que me ensinaram, aos que me apoiaram e aos que me ajudaram nesse pequeno trecho do que eu espero ser uma longa jornada no mundo do conhecimento. Poucos serão os nomes citados, estes eu não vou dar o trabalho de se auto reconhecer pois sua importância na minha formação como cientista foi primária. Os outros eu deixo o desafio e o prazer de tentar se auto reconhecer sem serem nomeados, o meu verdadeiro agradecimento a vocês não são as palavras de um papel (ou um .docx/.pdf), o convívio com vocês tornou tudo isso possível a medida que sempre estiveram dispostos a deixar eu tirar um sorriso do rosto de vocês e colocar um sorriso no meu cotidianamente.

### Agradeço

- Aos que me mostraram que o mundo da ciência é apaixonante, vocês não só não deixaram eu me desanimar com os estudos, mas jogaram querosene diariamente na chama da busca pelo conhecimento. Kay, Paulinho, Mau, Fabinho e Alê, as palavras não descrevem minha gratidão por vocês, se a ciência como busca por conhecimento ainda está viva hoje em dia é por causa de pessoas como vocês e se existe algum ensinamento que eu gostaria de passar com esse trabalho é: Seja apaixonadamente curioso. E vocês são os responsáveis;

- À minha família que me ensinou desde pequeno a não seguir um sonho, e sim persegui-lo. Mãe, a sua risada é a mais bonita que eu conheço, sempre me conforta, por favor não deixe de ser essa pessoa feliz e cuidadosa, isso me faz acordar todos os dias mais feliz. Pai, seu bundão, me lembro de antes de começar o curso você falar “Escolha o curso de graduação que quiser, nós iremos te apoiar independente da sua escolha, se for biologia, estude para ser o melhor biólogo”. Com certeza não sou nem nunca serei o melhor, mas tuas palavras certamente fizeram eu dar o melhor de mim. Obrigado por ser um dos meus melhores amigos e por me fazer gargalhar sempre que te vejo. Paulinho, quando saíres de casa eu vou pegar teu quarto para mim;

- Aos amigos da rua, do prédio, do curso, do trio ternura, do banquinho/casa de vegetação e da atlética. Vocês são um grupo bastante seletivo e se você se reconheceu quer dizer que foi essencial nessa caminhada. A amizade de vocês me fez levantar em cada tropeço que dei. Obrigado por se importarem por mim como eu me importo com vocês, por me xingar e elogiar e por sorrir junto comigo;

- Aos colegas do LAMAq, a troca de conhecimento com vocês foi importantíssima para minha formação. Sabemos que a amizade no nosso grupo vai além do nosso trabalho cotidiano.

Obrigado lamaquianos. Obrigado lamalucos (ou lamaloucos, sei lá), o pessoal mais doidão do lab. Vocês são a família da minha segunda casa;

- À UFSC, ao curso de Ciências Biológicas, ao CNPQ, ao LAMaQ e aos grupos de estudos que tive a oportunidade de participar.

- À banca por perder seu tempo para ajudar na formação de outra pessoa, isso é extremamente valioso no nosso meio e eu agradeço muito;

- Aos meus avós, que não me ensinaram o que eu sei, mas me ensinaram a ser o que eu sou.

Mau, o seu apoio desde o começo foi surreal. Foi um prazer e uma honra trabalhar com você. O feedback que eu posso te dar como seu primeiro orientado: Você está aprovado! Pareceu que já orientava a anos e sempre estive a disposição como colega, professor e amigo. Te admiro muito e espero continuar trabalhando com você o resto da minha vida, sou eternamente grato!

“A day without laughter is a day wasted”  
Charles Chaplin

“A day without learning is a day wasted”  
Autor desconhecido

## RESUMO

Indivíduos tendem a formar grupos com indivíduos similares. Esta ‘assortatividade’ tem sido descrita para muitos táxons, mas a identificação de assortatividade ativa por padrões comportamentais ainda é um desafio. Em Laguna, sul do Brasil, a estrutura social de botos-da-tainha (*Tursiops truncatus*) parece estar associada a uma tática de forrageio envolvendo pescadores artesanais a qual é particular desta população. No entanto, comportamento social pode variar entre contextos comportamentais. Aqui, nosso objetivo foi determinar se a assortatividade dos botos em torno das táticas de forrageio (forrageando em cooperação ou não com pescadores) se mantém em outros contextos comportamentais, como socialização e deslocamento. Utilizando o formalismo de redes complexas, calculamos índices de assortatividade e avaliamos se variam em cada contexto comportamental. Nossos resultados confirmam que indivíduos que usam a mesma tática de forrageio tendem a se associar mais uns com os outros do que com aqueles que usam uma tática diferente. Em última análise, a estrutura social é mantida em diferentes contextos comportamentais, mesmo quando os indivíduos não interagem com pescadores. Isso demonstra como um comportamento especializado pode estruturar uma população, influenciando quem interage socialmente com quem. Nossos achados podem contribuir para o debate sobre o papel das variações comportamentais em sociedades animais.

**Palavras-chave:** *Tursiops truncatus*. Redes sociais. Tática de forrageio. Boto-da-tainha.



## ABSTRACT

Individuals tend to form groups with similar others. This “assortativity” has been described for many taxa but identifying active assortment by behavioral traits remains a challenge. In Laguna, southern Brazil, the social structure of a bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) population is coupled to a unique foraging tactic in cooperation with artisanal fisherman. However, sociality can vary according to different behavioral contexts. Here, we aimed to determine if the assortativity around foraging tactics (foraging in cooperation or not with fisherman) is maintained in other behavioral contexts, such as socialization and traveling. Using the social network formalism, we calculated assortativity indices and evaluated if social patterns vary in each behavioral context. Our results show that individuals that use the same foraging tactic tend to associate more with one another rather than those that use a different tactic. Ultimately, the social structure is maintained across different behavioral contexts, even when individuals are not interacting with the fishermen. This demonstrates how a specialized behavior can structure a population, influencing who interacts with whom. Our findings may contribute to the debate about the role of behavioral variations in animal societies.

**Keywords:** *Tursiops truncatus*. Social Networks; Foraging Tactic; Bottlenose Dolphin.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Área de estudo.....	17
<b>Figura 2.</b> Redes sociais dos Botos-da-Tainha de Laguna em cada contexto comportamental	26
<b>Figura 3.</b> Divisão social e assortatividade comportamental entre botos-da-tainha em Laguna .....	28

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Exemplo das permutações realizadas durante as simulações de Monte Carlo mediante um algoritmo swapping. ....	23
---	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	OBJETIVOS.....	16
1.1.1	Objetivo Geral .....	16
1.1.2	Objetivos Específicos.....	16
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
2.1	Área de estudo e coleta de dados.....	16
2.2	Contextos comportamentais .....	18
2.3	Análise dos dados .....	18
2.3.1	Associações entre indivíduos .....	18
2.3.2	Redes sociais em diferentes estados comportamentais .....	19
2.3.3	Assortatividade por comportamento de forrageio .....	21
2.3.4	Testes de hipóteses.....	22
<b>3</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>32</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>35</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na natureza podemos observar diversas estratégias comportamentais que emergem de instintos básicos de sobrevivência dos indivíduos e de benefícios para sua aptidão (WILSON, 1975). Comportamento social e vida em grupo, por exemplo, são fenômenos recorrentes em diferentes táxons. Embora conduzidos por distintos fatores evolutivos e ecológicos, os benefícios individuais são geralmente maior acesso a recursos e menor exposição a riscos (KRAUSE; RUXTON, 2002). Entre os exemplos clássicos, estão os grupos formados por indivíduos fisicamente similares que confundem predadores, diminuindo o risco de predação para todos os participantes (LANDEAU; TERBORGH, 1986). De forma geral, padrões sociais como este emergem em sociedades animais a partir de esforços individuais que geram soluções coletivas (COUZIN; KRAUSE, 2003).

Sociedades animais abrangem o conjunto de interações dinâmicas entre seus membros, formando sistemas complexos com elementos (neste caso, indivíduos) que agem de acordo com regras que variam com o tempo. Ainda, a conectividade e os papéis destes indivíduos podem ser plásticos, dado que são capazes de adaptar suas interações com outros indivíduos e com o ambiente (AMARAL; OTTINO, 2004). Dentre as ferramentas disponíveis para estudar tais sistemas, destaca-se a teoria de redes complexas (e.g. AMARAL; OTTINO, 2004). Com o formalismo de redes, pode-se representar um sistema biológico (tal qual uma sociedade animal) por meio de nós (indivíduos) conectados por arestas (suas relações sociais) para descrever sua estrutura (e.g. CROFT; JAMES; KRAUSE, 2008) e inferir os mecanismos biológicos geradores desta estrutura (e.g. PROULX; PROMISLOW; PHILLIPS, 2005; PINTER-WOLLMAN et al., 2013).

Redes complexas representando sistemas completamente diferentes, como teias alimentares, a *Internet*, cadeias metabólicas e sociedades, podem apresentar propriedades estruturais comuns (NEWMAN, 2010). Uma propriedade recorrente é a assortatividade—tendência de um nó a conectar-se com outros nós similares. Assortatividade pode ser quantificada por um coeficiente de correlação entre padrões de associação de diferentes tipos de nós (FARINE, 2014). Em uma rede social, esse coeficiente pode refletir o princípio de homofilia, isto é, a tendência da associação entre indivíduos similares ser maior que entre indivíduos dissimilares (MCIPHERSON; SMITH-LOVIN; COOK, 2001). Esta similaridade diz respeito a diversas características dos indivíduos, como gênero, idade, tamanho corporal ou

um comportamento específico (e.g. MCPHERSON; SMITH-LOVIN; COOK, 2001; FARINE, 2014).

Nos últimos anos, o uso de ferramentas da teoria de redes no estudo do comportamento de animais sociais tem aumentado (e.g. CROFT; JAMES; KRAUSE, 2008; KRAUSE; LUSSEAU; JAMES, 2009; FARINE; WHITEHEAD, 2015). Dentre os grupos de animais mais estudados estão os cetáceos (e.g. LUSSEAU, 2003; KRAUSE et al., 2014), em particular o boto-da-tainha ou golfinho-nariz-de-garrafa, *Tursiops truncatus* (MONTAGU, 1821), por ter uma distribuição cosmopolita e comumente ocorrer em águas costeiras, de fácil acesso (WELLS; SCOTT, 2009). Além disso, o gênero *Tursiops* apresenta uma plasticidade ecológica marcante, resultado de uma alta capacidade cognitiva (e.g. MARINO et al., 2007) e uma alta flexibilidade de comportamentos sociais e de forrageio, mesmo entre indivíduos de uma mesma população (e.g. SARGEANT & MANN, 2009; WHITEHEAD & RENDELL, 2014). A exemplo disso temos a tática de forrageio denominada ‘*sponging*’ característica de uma parcela da população de botos de Shark Bay, Austrália, a qual usa esponjas marinhas como ferramentas para desalojar peixes no substrato (PATTERSON; MANN, 2011; MANN et al., 2012a).

Em outras áreas, a mesma espécie exibe táticas de forrageio que se aproveitam de atividades humanas (e.g. LEATHERWOOD; REEVES, 1983; ANSMANN et al., 2012; KOVACS; PERRTREE; COX, 2017). Em Laguna, sul do Brasil, uma população pequena do boto-da-tainha<sup>1</sup> (por volta de 55 indivíduos) interage com os pescadores artesanais, principalmente na temporada da tainha (*Mugil* spp.) (SIMÕES-LOPES; FABIÁN; MENEGHETI, 1998). A pesca artesanal da tainha é um evento cultural de extrema importância no sul e sudeste do Brasil, não só economicamente, mas também pelo papel social que desempenha, uma vez que ela requer uma organização prática dos membros da comunidade local (DIEGUES, 2004; PETERSON; HANAZAKI; SIMÕES-LOPES, 2008). Essa interação atrai a curiosidade de pessoas externas à comunidade de pescadores de Laguna, como turistas e pescadores ocasionais (PETERSON; HANAZAKI; SIMÕES-LOPES, 2008).

Ambos botos e pescadores artesanais parecem se beneficiar dessa interação. Os botos provavelmente capturam presas desorientadas pela ação dos pescadores, enquanto o pescador tem maior eficiência de captura que pescadores trabalhando independentemente (SIMÕES-

---

<sup>1</sup> \*Existe um debate acadêmico sobre a possibilidade destes indivíduos representarem a subespécie *Tursiops truncatus gephyreus* que apresentaria uma distribuição substancialmente mais restrita (relacionada a ambientes costeiros) que *Tursiops truncatus*.

LOPES; FABIÁN; MENEGHETI, 1998). Além disso, botos e pescadores que realizam esta tática concentram suas áreas de vida nos locais onde a interação ocorre e, dessa forma, não precisam dispendir energia buscando cardumes em outras áreas (CANTOR; SIMÕES-LOPES; DAURA-JORGE, 2018). Táticas de forrageio como estas fomentam o debate acadêmico sobre ao papel de processos sociais e de aprendizagem em variações comportamentais (e.g. LALAND; JANIK, 2006; LALAND; GALEF, 2009; WHITEHEAD; RENDELL, 2014), e o quanto variações comportamentais dentro da população podem influenciar a estrutura da sociedade (e.g. CANTOR; WHITEHEAD, 2013).

No caso dos botos de Laguna, sabe-se que a tática de forrageio em cooperação com pescadores artesanais tem a capacidade de moldar a estrutura da sociedade em unidades sociais compostas por indivíduos que cooperam, ou por indivíduos que não cooperam com pescadores (DAURA-JORGE et al., 2012). Porém, o que gerou esta segregação social ainda não é completamente entendido, sendo necessário mais estudos para avaliar quais mecanismos biológicos podem ser capazes de moldar a estrutura social da população (e.g. DAURA-JORGE et al., 2012; SIMÕES-LOPES; DAURA-JORGE; CANTOR, 2016).

Além disso, a associação pela tática de forrageio pode ser um efeito do contexto comportamental em que ocorreram as associações, como observado em outras populações de botos. Por exemplo, em Shark Bay, Austrália, indivíduos de uma população de botos possuem preferências sociais, mas que são dependentes do contexto comportamental (GERO et al., 2005). Na costa leste dos Estados Unidos, os indivíduos podem manter níveis diferentes de associação quando, por exemplo, forrageando, socializando, ou se deslocando (GAZDA et al., 2015). Por fim, na Costa Rica, em Golfo Dulce, os machos dos botos quando em um contexto comportamental de não forrageio competem mais intensamente para o acesso às fêmeas, enquanto em um contexto comportamental de forrageio esta interação macho-macho se torna menos competitiva (MORENO; ACEVEDO-GUTIÉRREZ, 2016).

Não se sabe se os botos de Laguna que utilizam a mesma tática de forrageio tendem a interagir mais durante a realização desta tática ou fora deste contexto. Nossa hipótese é que esta assortatividade em torno da tática de forrageio persista quando os botos não forrageiam ou o façam sem os pescadores. Este padrão pode sugerir que o princípio de homofilia esteja em operação, o qual pode atuar em conjunto com processos de aprendizado social na manutenção e propagação desta tática (CANTOR; WHITEHEAD, 2013; SIMÕES-LOPES; DAURA-JORGE; CANTOR, 2016), como visto entre os botos da Austrália que forrageiam usando espojas marinhas (MANN et al., 2008, 2012a; SARGEANT; MANN, 2009). Nosso principal

objetivo é distinguir padrões sociais da população de botos-da-tainha de Laguna em diferentes contextos comportamentais (forrageio, ausência de forrageio e ambos) e testar se de fato existe assortatividade pela tática de forrageio e se esta depende do contexto comportamental.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar os padrões sociais da população de botos-da-tainha, *Tursiops truncatus*, em diferentes contextos comportamentais relacionados a tática de forrageio de cooperação com pescadores artesanais em Laguna.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

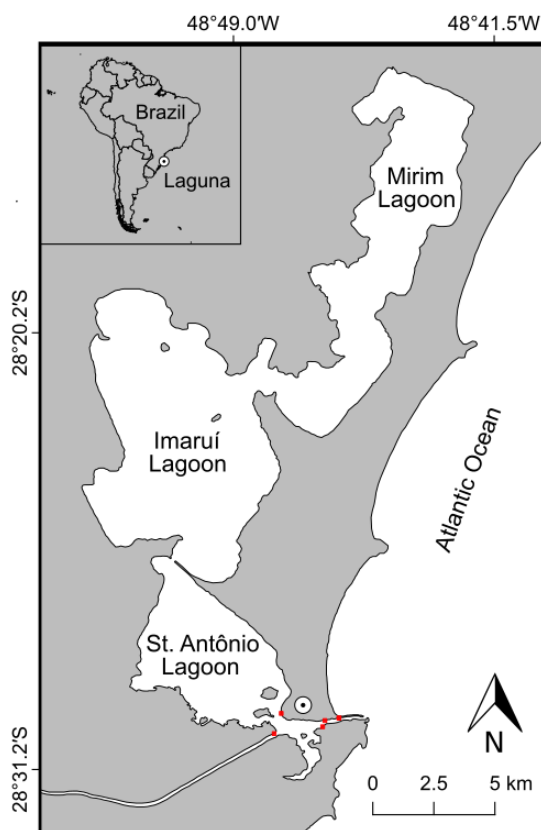
- 1.Quantificar e comparar índices de assortatividade contínuo e categórico para cada contexto comportamental;
- 2.Descrever a estrutura social de botos em cada contexto comportamental mediante análise da topologia de redes sociais (e.g. aleatória, modular);
- 3.Avaliar possíveis divisões sociais na população mediante quantificação da modularidade das redes sociais resultantes de cada contexto comportamental;
- 4.Avaliar a conectividade das redes sociais de cada contexto comportamental.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo e coleta de dados

Este estudo foi realizado com dados coletados entre 2007 e 2009 (DAURA-JORGE, 2011) no Complexo Lagunar Santo Antônio dos Anjos, Imaruí e Mirim (300 Km<sup>2</sup>; DAURA-JORGE et al., 2012) adjacente à cidade de Laguna, SC (28°20'S e 48°50'O). Estas águas costeiras são habitadas por uma população pequena, altamente residente de botos-da-tainha (DAURA-JORGE; INGRAM; SIMÕES-LOPES, 2013). Aqui, dois tipos de dados foram utilizados: identificação individual dos botos em grupos e seus estados comportamentais.





**Figura 1. Área de estudo.** Complexo lagunar de Santo Antônio dos Anjos, Imaruá e Mirim, adjacente a cidade de Laguna, sul do Brasil. Quadrados indicam os cinco principais sítios onde a interação de forrageio entre boto e pescador ocorre.

Os dados foram coletados a partir de um barco de pesquisa de 5 metros, percorrendo toda a área de estudo, incluindo os cinco sítios conhecidos pela ocorrência da interação boto-pescador (Figura 1). A amostragem se deu por busca ativa de grupos de botos. Um grupo de botos foi definido uma agregação de indivíduos dentro de um raio de 50 metros, distribuídos de forma coesa e em comportamento coordenado, sugerindo um mesmo padrão de atividade (LUSSEAU, 2003). Todos os indivíduos em um mesmo grupo foram considerados em associação (ver WHITEHEAD; DUFAULT, 1999). Quando um grupo era encontrado, a equipe se aproximava cuidadosamente para fotografar as nadadeiras dorsais de todos os membros, as quais foram posteriormente utilizadas para identificar indivíduos mediante marcas naturais seguindo um protocolo de foto-identificação (WÜRSIG; WÜRSIG, 1977; DAURA-JORGE et al., 2012). Ainda em campo, o estado comportamental predominante do grupo era determinado como forrageio, deslocamento, socialização ou descanso, descritos como seguem.

## 2.2 Contextos comportamentais

Os dados comportamentais foram posteriormente organizados em cinco contextos. O primeiro foi denominado “Cooperando” e consistiu no estado comportamental de forrageio envolvendo o uso da tática de interação com pescadores artesanais característica desta população (SIMÕES-LOPES; FABIÁN; MENEGHETI, 1998). Esta tática é caracterizada por botos direcionando cardumes em direção aos pescadores enfileirados em bancos de areia ou embarcados, e realizando comportamentos estereotipados (emersão parcial, batidas com a cabeça, batidas com a nadadeira caudal e apresentação do dorso) que são identificados pelos pescadores como a hora correta de lançar suas redes (ver SIMÕES-LOPES; FABIÁN; MENEGHETI, 1998). O segundo contexto foi denominado “Não Cooperando” e consistiu no estado comportamental de forrageio envolvendo outras táticas de forrageio que não a interação com pescadores, isto é indivíduos sozinhos ou em grupos realizando mergulhos frequentes, dessincronizados e em várias direções, na ausência de pescadores (e.g. BLAIR; KAUFMANN, 1981; SHANE; WELLS; WÜRSIG, 1986). Aqui é importante frisar que os contextos “cooperando” e “não cooperando” são relativos à interação boto-pescador e desconsideram a possibilidade de cooperação entre botos. O terceiro contexto foi denominado “Forrageio” e consistiu na união dos dois contextos anteriores, representando todo o estado comportamental de forrageio, independente da tática observada em campo. Em contraste, o quarto contexto foi denominado “Ausência de Forrageio” e foi composto pelos estados comportamentais de deslocamento, socialização e descanso. Deslocamento foi identificado quando os botos se moviam de maneira constante em uma única direção com mergulhos sincronizados. Socialização foi identificada quando os indivíduos apresentavam atividades de interação intensas e isoladas, na ausência de qualquer outro estado comportamental definido. Descanso foi identificado quando havia menor atividade de eventos na superfície, apresentando movimentos lentos em direções não definidas (ver SHANE; WELLS; WÜRSIG, 1986; DAURA-JORGE et al., 2005). Por fim, o quinto contexto “Todos os Comportamentos” representou a união de todos os dados.

## 2.3 Análise dos dados

### 2.3.1 Associações entre indivíduos

Inferimos a força dos relacionamentos entre indivíduos mediante o cálculo de índices de associação. Os dados de indivíduos foto-identificados em grupos foram organizados em uma matriz binária de grupos por indivíduos, **B**, na qual um elemento  $b_{gi} = 1$  quando o indivíduo  $i$

esteve presente no grupo  $g$  e  $b_{gi} = 0$  quando  $i$  esteve ausente. Foram geradas matrizes binárias para cada contexto comportamental. Filtramos os dados a fim de minimizar a interferência de indivíduos raros na população (ou transeuntes, ou que morreram durante a coleta de dados), removendo os indivíduos com frequência de ocorrência inferior a 5% dos grupos registrados (CROFT; JAMES; KRAUSE, 2008; DAURA-JORGE et al., 2012). A partir de **B**, foi criada uma matriz de associação **A** (novamente uma para cada contexto comportamental) na qual um elemento  $a_{ij}$  = índice de associação entre indivíduos  $i$  e  $j$ . O índice de associação de peso-médio (*half-weight index*, HWI; CAIRNS; SCHWAGER, 1987) foi utilizado para quantificar o relacionamento social dos indivíduos foto-identificados no mesmo grupo. Este índice estima a proporção de tempo que dois indivíduos foram vistos juntos (0 = nunca, 1 = sempre) e é definido por:

$$HWI = \frac{x}{x + y_{ab} + (\frac{y_a + y_b}{2})} \quad (1)$$

onde,  $x$  é o número de ocasiões nas quais os indivíduos  $a$  e  $b$  foram identificados juntos;  $y_a$  e  $y_b$  são o número de ocasiões em que apenas  $a$  ou  $b$  foram identificados, respectivamente; e  $y_{ab}$  é o número de ocasiões em que ambos  $a$  e  $b$  foram identificados mas separadamente (WHITEHEAD, 2008).

### 2.3.2 Redes sociais em diferentes estados comportamentais

A matriz de associação **A** gerada anteriormente em cada contexto comportamental foi utilizada como a matriz de adjacência das redes sociais com peso. Nestas, os indivíduos foram representados por nós que eram conectados por arestas cuja espessura era proporcional aos índices de associação (HWI) entre indivíduos.

A estrutura das redes foi analisada por meio de duas métricas globais: conectividade e modularidade. A conectividade,  $C$ , representa a coesão da rede, isto é, a fração de possíveis arestas (i.e., interações) que estão de fato presentes na rede, que é definida por:

$$C = \frac{2E}{n(n-1)} \quad (2)$$

onde  $E$  é o número observado de interações em uma rede;  $n$  é o número de nós. Biologicamente, essa métrica informa o quão densa a rede social é, ou seja, se existem muitas

ou poucas associações entre indivíduos (CROFT; JAMES; KRAUSE, 2008). A conectividade pode variar entre os contextos comportamentais devido a três fatores. Contextos com menos observações tenderão a ter um valor mais baixo de conectividade, por uma questão amostral, caso o número de indivíduos (nós) for mantido. Quanto mais abrangente for um contexto, maior será o valor de conectividade, isto é, quanto mais comportamentos estiverem incluídos em um contexto, maior será a chance de um indivíduo produzir um comportamento em comum com outro indivíduo. Quanto mais comum os comportamentos dentro de um contexto, também será maior a chance de dois indivíduos se conectarem por esse comportamento.

A modularidade foi quantificada pela métrica  $Q$  (NEWMAN, 2006a), que calcula a diferença entre a fração de arestas conectando indivíduos (nós) no mesmo módulo pela mesma fração esperada ao acaso. Ela representa a qualidade da divisão do grafo, ou seja, o quão unidos ou o quão separados os nós são uns dos outros, avaliando a tendência dos nós se agruparem em subgrafos (módulos) mais coesivos mostrando assim a divisão mais parcimoniosa, maximizando o peso das arestas dentro dos módulos e minimizando entre eles. A característica de uma rede social modular é possuir grupos que são fracamente conectados entre si, porém os indivíduos dentro destes grupos são fortemente conectados uns com os outros. O valor encontrado para a divisão é definido por:

$$Q = \sum_{ij} \frac{1}{2m} \left( A_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m} \right) \delta(g_i, g_j) \quad (3)$$

onde  $\mathbf{A}$  é uma matriz de adjacência,  $m = \frac{1}{2} \sum_{ij} A_{ij}$  é o número de arestas com peso,  $k_i$  é o grau de peso do nó  $i$  e  $\sum_j A_{ij}$  e  $g_i$  dão a conformação dos nós pelos módulos que  $i$  pertence.

O algoritmo utilizado para calcular modularidade foi o método ‘*leading eigenvector*’ (ver NEWMAN, 2006a) onde uma matriz de modularidade,  $\mathbf{B}$ , é definida, sendo  $\mathbf{B} = \mathbf{A} - \mathbf{P}$ ,  $\mathbf{A}$  sendo a matriz de adjacência e  $\mathbf{P}$  a probabilidade de certas arestas estarem presentes de acordo com o “modelo de configuração”. Esse método calcula o autovetor da matriz de modularidade para o maior autovalor positivo e então separa os nós em duas comunidades de acordo com o elemento correspondente do autovetor. Essa divisão é repetida para cada grupo resultante e para quando todos os elementos no autovetor estão no mesmo padrão, representando assim a divisão mais parcimoniosa, maximizando o coeficiente de modularidade “ $Q$ ”. Isso possibilita a utilização de um algoritmo que retorna valores de qualidade mais alta que os anteriores e em tempos mais curtos (NEWMAN, 2006b).

### 2.3.3 Assortatividade por comportamento de forrageio

Para testar se a estrutura das redes sociais dos botos foram influenciadas pelas táticas de forrageio, foram calculados dois índices de assortatividade: um quantitativo (FARINE, 2014) e outro qualitativo (NEWMAN; GIRVAN, 2003). Os índices avaliaram se existem mais conexões e conexões mais fortes entre indivíduos que usam a mesma tática de forrageio (FARINE, 2014).

O índice quantitativo (que calcula a assortatividade contínua) foi baseado na frequência de participação de cada boto no forrageio cooperativo com os pescadores, calculado pelo número de observações de cada boto interagindo com pescadores dividido pelo total de observações do mesmo (ver CANTOR; SIMÕES-LOPES; DAURA-JORGE, 2018). Já o índice qualitativo (que calcula a assortatividade categórica) considera que cada boto utiliza uma das duas táticas. Para caracterizar cada boto em uma destas duas categorias (cooperativo, não-cooperativo), estudamos a distribuição da frequência de participação de cada indivíduo no forrageio cooperativo com os pescadores (ver DAURA-JORGE et al., 2012; CANTOR; SIMÕES-LOPES; DAURA-JORGE, 2018). A frequência relativa de participação (fp) foi calculada através da proporção do número de eventos independentes onde os botos foram observados forrageando com os pescadores em relação ao número total de eventos de forrageamento. Assim foi ajustada uma função de densidade usando a estimativa de densidade de kernel. Foram usados os valores locais mínimos,  $\min(x)$ , como o corte para classificar os indivíduos como cooperativos (i.e.,  $fp > \min(x)$ ) ou não cooperativos (i.e.,  $fp < \min(x)$ ). Aqueles que apresentarem uma frequência de participação alta ( $>33.6\%$ ) foram categorizados como cooperativos; aqueles com frequência abaixo deste limite foram categorizados como não-cooperativos (ver CANTOR; SIMÕES-LOPES; DAURA-JORGE, 2018). Os índices de assortatividade recebem um valor de erro padrão mediante a um procedimento do método de *Jackknife* (removendo uma porcentagem dos dados) (FARINE; WHITEHEAD, 2015).

O algoritmo utilizado para calcular o índice qualitativo de assortatividade foi uma adaptação do algoritmo utilizado no cálculo do coeficiente de assortatividade para classes (NEWMAN; GIRVAN, 2003). onde foi adicionado um fator que dá peso ao coeficiente, substituindo a contagem de arestas pelo seu peso de acordo com a proporção de peso total do grafo (ver FARINE, 2014). Esse índice é definido por:

$$r_d^w = \frac{\sum_i e_{ii}^w - \sum_i a_i^w b_i^w}{1 - \sum_i a_i^w b_i^w} \quad (4)$$

onde  $r_d^w$  é a proporção do peso das arestas total da rede que ocorre entre os nós de tipo  $i$ ,  $a_i^w = \sum_j e_{ij}^w$  é a proporção do peso total das arestas que começam em nós do tipo  $i$ , e  $b_i^w = \sum_j e_{ij}^w$  é a proporção do peso total das arestas que chegam em nós do tipo  $j$ . Em uma rede totalmente conectada e com conexões fortes, o valor de  $\sum_i e_{ii}^w$  seria igual a 1, enquanto  $\sum_i a_i^w a_i^w$  seria igual a 0. Os valores de assortatividade variam de 0 a 1. Esse índice foi avaliado entre as classes de táticas de forrageio, isto é, foram encontrados três valores de assortatividade relacionando os tipos de tática. Em outras palavras, foram gerados valores de assortatividade entre os indivíduos da classe que coopera com os pescadores, entre os indivíduos que não cooperam e entre essas duas classes.

O algoritmo utilizado para calcular o índice quantitativo de assortatividade também passou por um processo de derivação onde primeiramente o índice qualitativo foi derivado para uma forma de avaliação contínua da assortatividade e posteriormente derivado para incluir uma versão com peso da mesma, proposta por Leung e Chau (2007) (ver FARINE, 2014). Esse índice é definido por:

$$r_c^w = \frac{\sum_i (\omega_i j_i k_i) - W^{-1} \sum_i (\omega_i j_i) \sum_i (\omega_i k_i)}{\sqrt{[\sum_i (\omega_i j_i^2) - W^{-1} \sum_i (\omega_i j_i)^2] [\sum_i (\omega_i k_i^2) - W^{-1} \sum_i (\omega_i k_i)^2]}} \quad (5)$$

onde  $j_i$  e  $k_i$  são os fenótipos dos nós que a aresta  $i$  chega e sai, respectivamente.  $\omega$  é o peso da aresta  $i$  e  $W$  é a soma de todos os pesos das arestas. Não diferente do índice categórico, a assortatividade nesse índice também varia de 0 a 1 e a assortatividade em uma rede que todos as arestas possuem o peso de  $\omega_i = 1$  o resultado será o mesmo da medida binária do Newman para traços contínuos, sendo o  $W$  igual a contagem de arestas  $M$ . Todas as análises foram realizadas em ambiente de programação ‘R’ (R Core Team, 2016), mediante códigos personalizados com funções dos pacotes *igraph* (CSARDI; NEPUSZ, 2006) e *assortnet* (FARINE, 2014).

### 2.3.4 Testes de hipóteses

Testes de permutações são amplamente usados em análises ecológicas (MANLY, 1995) e quando tratamos de padrões de associação social geralmente usa-se simulações de Monte Carlo (BEJDER et al., 1998). Apesar do métodos de visualizações de rede sociais e cálculos descritivos de estatística estejam bem estabelecidos (WASSERMAN; FAUST, 1994; CROFT; JAMES; KRAUSE, 2008), as análises estatísticas que permeiam as análises de redes sociais

não estão no mesmo patamar de desenvolvimento (KRACKHARDT, 1988; KRAUSE; LUSSEAU; JAMES, 2009). O estudo tradicional envolvendo testes de significância de hipóteses nulas é delicado quando tratamos de redes sociais, estas representam dados que se relacionam, ou seja, as métricas que descrevem essa relação são dependentes (KRACKHARDT, 1988; DEKKER; KRACKHARDT; SNIJDERS, 2007). Com isso, sugere-se a utilização de modelos nulos para as análises de significância dos índices de associação. Este método é baseado na aleatorização dos dados e aumenta os níveis de robustez e flexibilidade das análises (CROFT et al., 2011).

Para testar se os valores de assortatividade e modularidade são maiores ou menores do que ao acaso, ou seja, não existe preferência dos indivíduos em formar grupos, foram utilizadas simulações de Monte Carlo (MANLY, 1995) com dados da matriz binária **B**. Dessa forma, foram geradas novas mil matrizes binárias, selecionando aleatoriamente duas linhas (i e j) e duas colunas (m e n), exemplificado no padrão abaixo:

**Tabela 1. Exemplo das permutações realizadas durante as simulações de Monte Carlo mediante um algoritmo swapping.** Duas linhas e colunas são sorteadas ao acaso e, quando a submatriz 2x2 resultante formar um padrão *checkerboard* ( $\begin{smallmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{smallmatrix}$ ), suas células são permutadas de modo que esta fique ( $\begin{smallmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{smallmatrix}$ ) e a soma das linhas (tamanho de grupo), soma das colunas (frequência de captura) e número total de observações sejam preservados. Este procedimento é realizado 1000 vezes a cada iteração para garantir independência das matrizes permutadas (MIKLÓS; PODANI, 2004) e restrito dentro de períodos amostrais diários para controlar efeitos demográficos (WHITEHEAD; DUFAULT, 1999).

Grupo	Indivíduos							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	0	1	1	0	0	1	0	1
2	0	0	0	1	1	1	0	1
3	0	0	1	0	1	1	0	1
4	0	1	1	0	0	0	1	1
5	1	0	0	0	1	0	1	0
6	1	1	0	1	0	0	0	0
7	0	0	0	1	0	0	0	0
8	1	1	0	1	0	0	0	1

Como isso é feito nas matrizes de grupos por indivíduos, esse passo tem o efeito de permutar indivíduos entre grupos mantendo o número de indivíduos por grupo e o número de avistagens dos próprios indivíduos. Estas novas matrizes geradas foram utilizadas para gerar, sucessivamente, novas mil matrizes de associação **A**, calculando o valor de HWI para cada uma delas em cada contexto comportamental. Dessa forma, foi possível calcular as distribuições teóricas das métricas de interesse (**C**, **Q**), a partir das quais o intervalo de confiança (**IC**) de 95% foi utilizado para determinar a significância estatística dos valores empíricos das métricas. Quando os valores empíricos se mostravam fora do **IC** teórico, eles foram significativamente maiores ou menores que os valores gerados ao acaso.

### 3 RESULTADOS

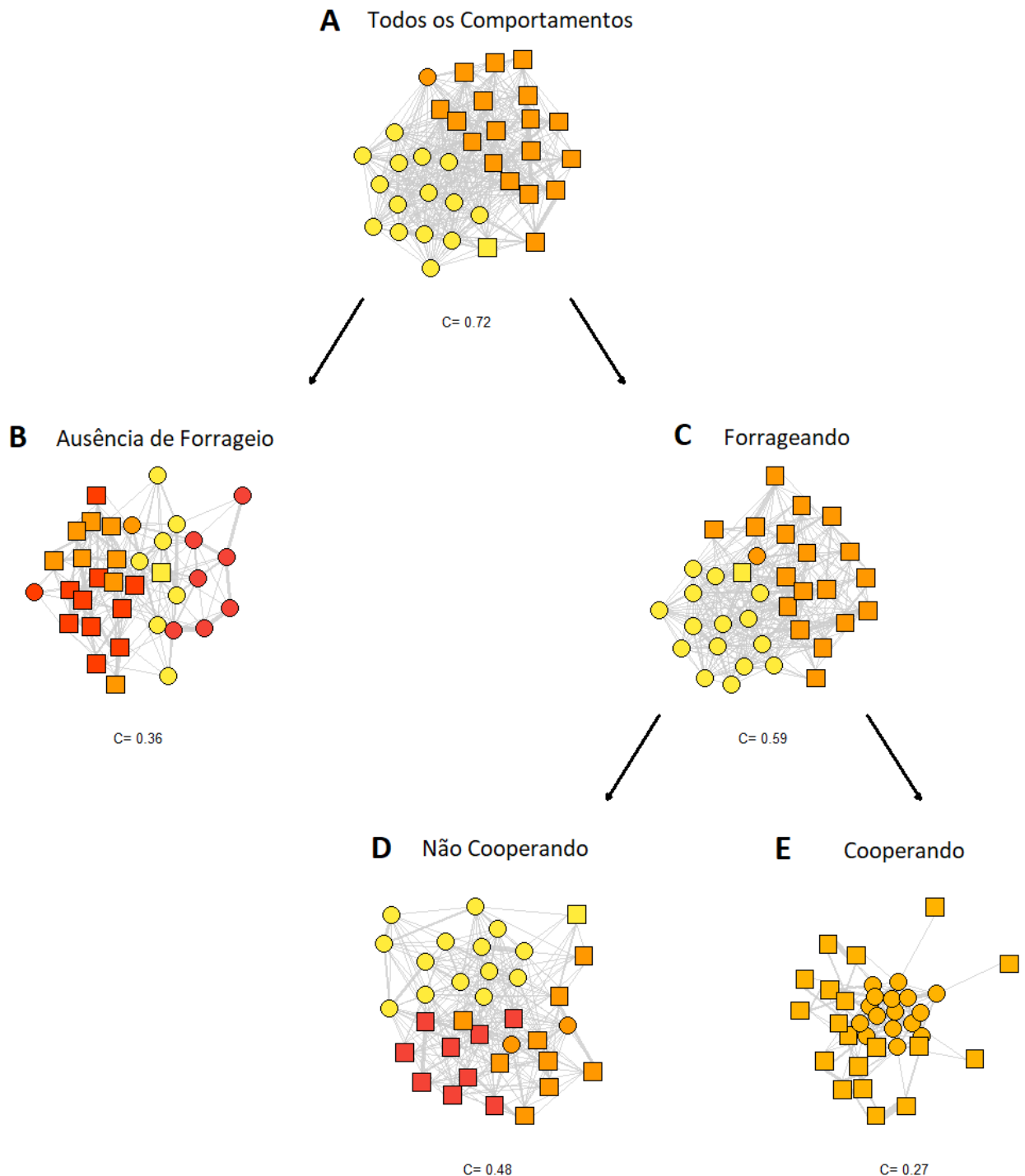
Foram observados 498 grupos durante 95 dias de coleta, cuja tamanho médio foi de 2.42 indivíduos com desvio padrão de 0.86. O contexto mais frequente foi o “Forrageando”, no qual 68% do total de grupos foi registrado, seguido do contexto “Não Cooperando” (44%), “Ausência de Forrageio” (30%) e “Cooperando” (24%). O tamanho de grupo foi similar entre os contextos, variando de 2.37 no contexto “Não Cooperando” a 2.48 no contexto “Cooperando”. Foram foto-identificados 35 indivíduos. Destes, 16 indivíduos foram classificados como botos cooperativos e 19 como não cooperativos, com base na frequência relativa de participação na interação com pescadores artesanais (ver DAURA-JORGE et al., 2012). Desta forma, todas as redes sociais aqui analisadas foram compostas por 35 nós que representaram os botos individualmente identificados.

Durante o contexto “Todos os comportamentos”, estes indivíduos foram conectados por 426 linhas de peso representando os índices de associação (HWI médio =  $0.050 \pm 0.057$  DP). Esta rede apresentou valor alto de conectividade ( $C = 0.72$ ), indicando uma alta densidade de associações entre indivíduos. A rede social resultante do contexto “Ausência de Forrageio”, composto por 158 grupos, foi conectada por 212 linhas de peso (HWI médio =  $0.047 \pm 0.080$  DP), apresentando o segundo valor mais baixo de conectividade ( $C = 0.36$ ), enquanto a rede do contexto “Forrageando”, composto por 340 grupos, foi conectada por 354 linha de peso (HWI médio =  $0.049 \pm 0.060$  DP), apresentando o segundo valor mais alto de conectividade ( $C = 0.59$ ). A rede do contexto “Não Cooperando”, composto por 220 grupos, foi conectada por 283 linhas de peso (HWI médio =  $0.049 \pm 0.067$  DP) levando a um valor intermediário de conectividade ( $C = 0.48$ ). Por fim, no contexto “Cooperando”, composto por 120 grupos, a rede



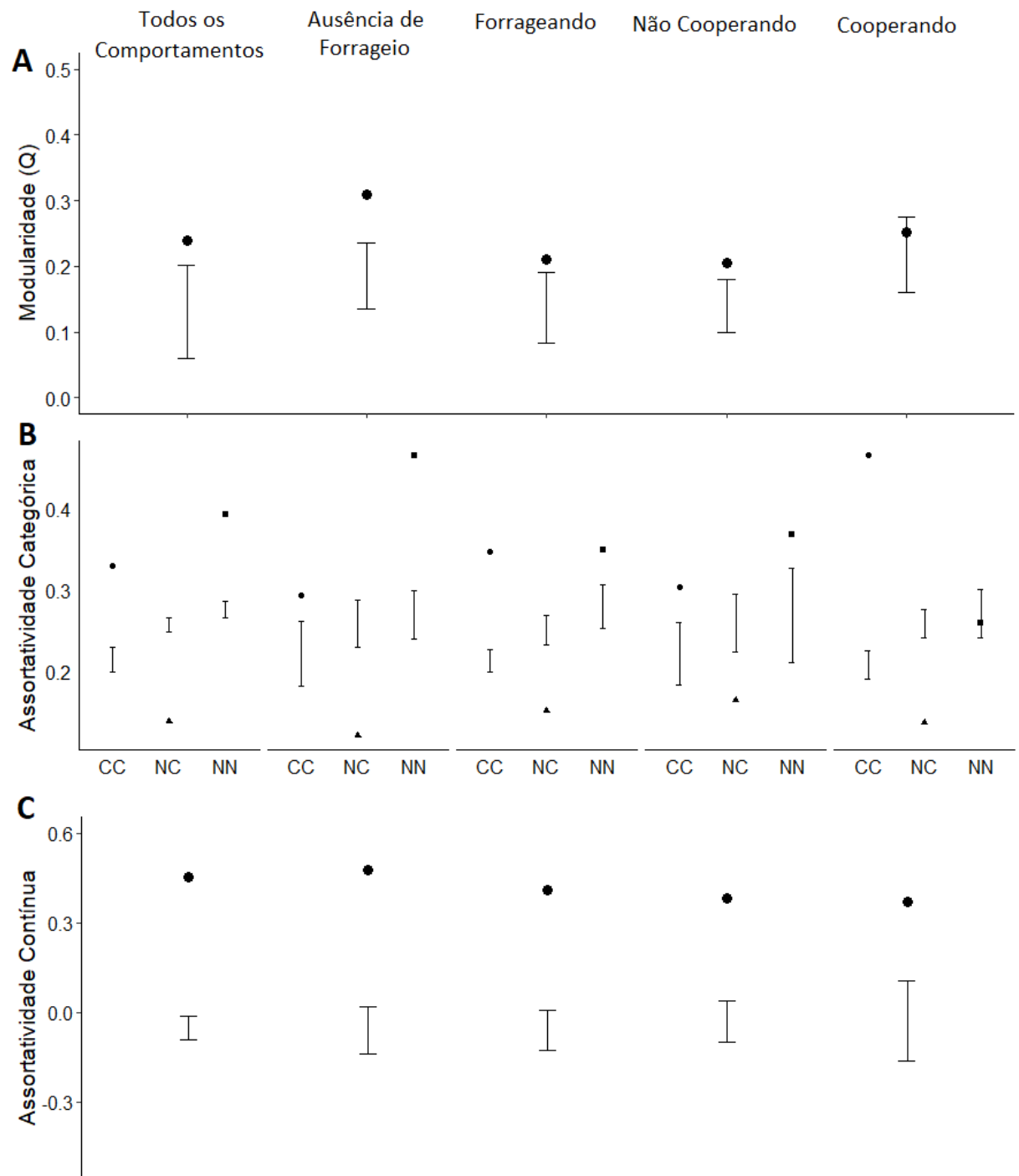
foi conectada por 162 linhas de peso (HWI médio =  $0.041 \pm 0.081$  SD) levando ao menor valor de conectividade ( $C = 0.27$ ), indicando uma baixa densidade de associações entre indivíduos durante a realização desta tática especializada de forrageio (Figura 2).

Identificamos a tendência geral dos botos em se organizarem em subgrupos coesivos nas redes sociais. Em todos os contextos, exceto “Cooperando”, os botos estiveram divididos em módulos sociais. Isto fica evidente mediante a métrica de modularidade, que foi mais alta que o esperado ao acaso nas redes derivadas dos contextos “Todos os Comportamentos” ( $Q = 0.24$ , 95% IC = 0.06-0.23), “Ausência de Forrageio” ( $Q = 0.31$ , 95% IC = 0.13-0.21), “Forrageando” ( $Q = 0.21$ , 95% IC = 0.09-0.18) e “Não Cooperando” ( $Q = 0.20$ , 95% IC = 0.10-0.19) (Figura 3c). No primeiro contexto a rede foi dividida em dois módulos; no primeiro só há um indivíduo não cooperativo e no segundo dá-se o oposto. Já no segundo contexto a rede aparece dividida em 4 módulos, e cada módulo foi representado majoritariamente por indivíduos da mesma classe. Esse padrão de concentração de indivíduos por classe nos módulos se repetiu nos outros contextos, porém no terceiro contexto a rede foi dividida em 2 módulos e no quarto em 3 (Figura 2).



**Figura 2. Redes sociais dos Botos-da-Tainha de Laguna em cada contexto comportamental.** (A) Todos os Comportamentos; (B) Ausência de Forrageio; (C) Forrageando; (D) Cooperando (Forrageando); (E) Não Cooperando (Forrageando). Os nós representam indivíduos conectados por links de espessura proporcional ao Índice de associação de Peso Médio (HWI). A cor do nó representa o módulo o qual o indivíduo pertence; o formato do nó representa sua classe (círculo = Cooperativo, Quadrado = Não Cooperativo). A conectividade (“C”) é apresentada abaixo de cada rede.

Em suporte a estes resultados, identificamos um padrão de associações mais fortes entre indivíduos que utilizam a mesma tática de forrageio em todos os contextos comportamentais, menos nos indivíduos não cooperativos do contexto “Cooperando”. Estes resultados podem ser explicados pela pouca frequência destes indivíduos se associando no contexto cooperativo levando a um baixo número de observações e de fato estes indivíduos tendem a ser registrados apenas associados com os cooperativos nesse contexto. Todos os outros valores de assortatividade categórica relacionando indivíduos que utilizam a mesma tática forrageio se mostraram acima do esperado ao acaso, rejeitando a hipótese nula. Já os valores que relacionam indivíduos de classes diferentes foram todo mais baixos que o esperado ao acaso (Figura 3a). Analisando a relação entre associação e frequência da tática cooperativa de forrageio como um todo, identificamos ainda altos valores de assortatividade contínua, todos acima dos valores esperados ao acaso, rejeitando a hipótese nula. Temos no contexto “Todos os Comportamentos” ( $r_c^w = 0.45$ , 95% IC = -0.06 - -0.005), no contexto “Ausência de Forrageio” ( $r_c^w = 0.48$ , 95% IC = -0.13-0.04), no contexto “Forrageando” ( $r_c^w = 0.41$ , 95% IC = -0.1-0.05), no contexto “Não Cooperado” ( $r_c^w = 0.38$ , 95% IC = -0.10-0.06) e no contexto “Cooperando” ( $r_c^w = 0.37$ , 95% IC = -0.1 1-0.11) (Figura 3b), indicando um alto número de associações fortes.



**Figura 3. Divisão social e assortatividade comportamental entre botos-da-tainha em Laguna.** (A) Modularidade da rede social em cada contexto comportamental. Linhas verticais representam intervalos de confiança (IC) de 95% gerados pelos modelos nulos. (B) Assortatividade Categórica por classe de indivíduo, isto é, cooperativo ou não cooperativo (CC = cooperativo com cooperativo (círculo), NC = cooperativo com não cooperativo (triângulo) e NN= não cooperativo com não cooperativo (quadrado). (C) Assortatividade Contínua por frequência de participação na pesca com interação com pescadores artesanais, em cada contexto comportamental.

## 4 DISCUSSÃO

Nossos resultados sugerem que indivíduos de botos-da-tainha possuem a tendência de se relacionar mais frequentemente com indivíduos que usam a mesma tática de forrageio. Esta tendência é evidente pelos altos valores de assortatividade na rede social dos botos em relação ao forrageio com interação ou não com pescadores artesanais, tanto pela frequência de interação quanto pela categoria de forrageio. É importante enfatizar que tal padrão de associação em função da tática de forrageio não é um efeito do contexto comportamental, já que se mantém em todos os estados comportamentais analisados, seja de forrageio ou não. Além disso, nossos resultados sugerem que este agrupamento preferencial contribui para a divisão da população em unidades sociais mais coesivas de indivíduos organizados pelas táticas de forrageio, em todos os contextos comportamentais. Em conjunto, este estudo reforça que especialização comportamental (a tática de forrageio com humanos) pode moldar estruturas sociais, aqui a dos botos de Laguna (ver também, DAURA-JORGE et al. 2012).

São diversos os fatores que fazem com que os animais vivam e se mantenham em sociedade. Isso pode ser exemplificado por relações sociais que variam em intensidade em diferentes contextos e são promovidas por diferentes mecanismos. Estes fatores estruturadores podem variar de abióticos a sociais. Para algumas espécies, como lagartos, estrutura do hábitat pode favorecer ou dificultar a interação entre conspecíficos (LEU et al., 2016); para outras, como babuíños os benefícios das relações sociais superam os custos de tal forma que até indivíduos dominantes renunciam de decisões individuais para manter-se em coesão com os demais membros do grupo (STRANDBURG-PESHKIN et al., 2017). Um outro importante mecanismo social que pode modificar associações é a tendência da associação entre indivíduos similares ser maior que entre indivíduos dissimilares (MCPHERSON; SMITH-LOVIN; COOK, 2001). Esta assortatividade pode operar em torno de características biológicas como a idade, sexo e sociais, como hierarquia, audácia, capacidade de gerar e obter informação (CARTER et al., 2015) e o uso de táticas comportamentais específicas (MANN et al., 2012b). Aqui, combinando o estudo das associações sociais com comportamento de forrageio, demonstramos que os indivíduos da população de botos-da-tainha de Laguna apresentam assortatividade em função da tática de forrageio. Isso sugere que os botos apresentam preferência social por indivíduos que frequentemente buscam alimento da mesma maneira.

Esse padrão de assortatividade pode ser gerado por alguns mecanismos, incluindo aprendizado social (e.g. KATSNELSON; LOTEM; FELDMAN, 2014) e homofilia (e.g. LUSSEAU; NEWMAN, 2004; MANN et al., 2012a). A independência entre contexto comportamental e preferências sociais encontradas no nosso trabalho difere do observado em botos-da-tainha de Shark Bay, Austrália, onde os padrões de associação variaram em estados comportamentais como descanso, deslocamento, socialização e forrageio (GERO et al., 2005). Esta independência nos permitiu inferir que as relações sociais na população de botos de Laguna são, pelo menos em parte, frutos do processo de homofilia em relação à tática de forrageio. Por vezes a rede social global da população pode mascarar as diferenças que são vistas em redes separadas por contexto comportamentais (GAZDA et al., 2015). Sociedades caracterizadas pela dinâmica de fissão-fusão respondem a fatores que regulam o balanço custo-benefício da vida em grupo, como taxa de alimentação e proteção contra predadores (AURELI et al., 2008), onde as interações sociais podem variar de acordo com necessidades específicas. Informações sobre as associações podem ser perdidas e fazer com que a rede global não represente padrões observados em contextos comportamentais distintos (GAZDA et al., 2015). Por exemplo, os valores de conectividade das redes sociais dos botos de Laguna se mostraram bastante variáveis entre os contextos, representada por valores altos, como no contexto “Todos os Comportamentos” e valores mais baixos, como no contexto “Cooperando”. Como a conectividade é uma métrica que mede um valor relacionado as conexões propriamente ditas, possivelmente a variação dos seus valores pode estar relacionada apenas à uma questão amostral, onde os contextos com mais observações de grupos logicamente apresentarão um maior valor, como nos contextos “Todos os Comportamentos”, “Forrageio” e “Não Cooperando”.

Em termos numéricos o processo de homofilia foi sugerido mediante os altos e significativos valores de assortatividade contínua em todos os contextos comportamentais. Destes valores destaca-se o do contexto de forrageio clássico dos botos (i.e. “Não Cooperando”), pois ambas as classes praticam essa tática. Mesmo assim, quando os botos estão forrageando desta forma, a preferência social por indivíduos que interagem ou não com pescadores é mantida. Ainda mais interessante é o valor de assortatividade no contexto que exclui todos os comportamentos de forrageio (“Ausência de Forrageio”). Aqui, o valor de assortatividade foi mais alto, sugerindo que justamente quando os indivíduos não estão utilizando suas táticas de forrageio características é que as associações sociais preferenciais se mostram mais claras. Aliado a isso, os índices de assortatividade categóricos demonstraram com clareza o padrão de associação pela classe de forrageio, onde em todos os contextos os

valores entre indivíduos da mesma classe foram acima do esperado ao acaso, enquanto os valores entre classes foram abaixo do esperado ao acaso (com exceção do valor observado entre indivíduos não cooperativos no contexto “Cooperando” devido à baixa presença destes nesse contexto e consequente baixa interação). Ambos os índices sugerem que homofilia pela classe de forrageio possa ser um importante mecanismo estruturador dos relacionamentos sociais.

Aliado a isso, observamos uma divisão social significativa nos contextos comportamentais que incluem o estado comportamental de forrageio, corroborando a hipótese de que a estrutura social em módulos nesta população está acoplada à tática de forrageio com pescadores (DAURA-JORGE et al., 2012). Essa divisão era esperada principalmente no contexto “Forrageio”, pois seria uma divisão justamente quando os indivíduos estão unidos de acordo com a tática de forrageio que estão habituados. Observa-se um padrão tanto no número de indivíduos em cada módulo, quanto na composição dos módulos nos contextos “Todos os comportamentos” e “Forrageio”, e isso pode ser explicado pois a retirada dos dados dos comportamentos não relacionados ao forrageio não é significativa em função do grande número de dados do comportamento de forrageio. Como o comportamento de forrageio de maneira geral é muito comum, esperava-se uma estrutura modular da rede desse contexto, isto é, os indivíduos preferem alguns a ponto de não ser uma rede conectada ao acaso, porém não se forma um núcleo de indivíduos mais conectados e outros indivíduos menos conectados ficariam na periferia da rede, conectados primariamente ao núcleo.

No contexto “Não Cooperando” uma possível estrutura aninhada (que seria o caso núcleo/periferia) poderia representar variação nas preferências sociais e sociabilidade (alguns indivíduos mais “populares” e outros mais “solitários”). No contexto “Cooperando” isso poderia indicar a mesma coisa ou que existe variação individual no uso da tática, com alguns “mais cooperativos” que outros (ver CANTOR; SIMÕES-LOPES; DAURA-JORGE, 2018). Esta estrutura aninhada foi observada apenas no segundo caso. A rede observada no contexto “Cooperando” pode estar refletindo uma tendência de registros de indivíduos não cooperativos interagindo com cooperativos, comumente observados em grupos ocasionais ou em processos de agregação. Essa interação muitas vezes não confere associação social, inclusive podendo representar uma interação agonística por competição pelo sítio de cooperação (SIMÕES-LOPES, 1998; CANTOR; SIMÕES-LOPES; DAURA-JORGE, 2018). Em lagartos machos apresentam interações agonísticas territoriais que influenciam na estrutura social da população (SPIEGEL et al., 2018). Essa interação agonística pode estar relacionada com idade do indivíduo (WEY; BLUMSTEIN, 2010) que nos botos pode ou não estar relacionado com a

experiência de indivíduos mais velhos em conhecer a importância do sítio de interação. A ocorrência de registros de associações entre indivíduos não cooperativos é rara nesse contexto, formando assim essa topologia de rede com um núcleo de indivíduos cooperativos altamente conectados e uma periferia de indivíduos não cooperativos fracamente conectados com o núcleo, consequentemente não formando módulos. O contexto “Não Cooperando” visivelmente manteve um padrão de composição modular bastante parecido com os dois primeiros, ou seja, os indivíduos cooperativos continuam a se agrupar com outros cooperativos mesmo quando forrageiam de outra maneira. O fato da estrutura modular se manter no contexto “Ausência de Forrageio” é que chama mais atenção pois observa-se pela topologia da rede que os módulos são compostos majoritariamente por indivíduos de uma classe ou de outra, indicando a formação de unidades sociais de acordo com a classe de forrageio mesmo quando não forrageando, ou seja, as preferências sociais estão sendo mantidas em estados comportamentais distintos.

## 5 CONCLUSÃO

Ao reavaliar a estrutura social de botos-da-tainha (*Tursiops truncatus*) de Laguna, sul do Brasil, reforçamos que esta é influenciada por uma tática de forrageio singular em cooperação com pescadores artesanais exercida por alguns indivíduos. A rede social dessa população apresenta uma divisão em módulos sociais, os quais são compostos majoritariamente por indivíduos que forrageiam ou não com pescadores. Ao separar as associações em contextos comportamentais distintos, intensificando ou removendo o efeito da tática de forrageio sobre as relações sociais, podemos concluir que essa tática de forrageio tem grande influência na estruturação dessa sociedade. A confirmação dos padrões de assortatividade aliado a estruturação modular em contextos comportamentais que excluem o forrageio com pescadores sugerem que indivíduos possuem preferência em se associar com os similares quando não estão realizando esta tática. O fato da estrutura não se manter quando os indivíduos estão forrageando com os pescadores indica que as associações são fruto da tática de forrageio e não para realizar a tática, possibilitando que os indivíduos possam escolher de maneira ativa com que se associam, ou seja, sugerindo o princípio da homofilia.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo preenche parte da lacuna que permeia a estruturação social da população de botos-da-tainha de Laguna—agora temos evidência de que homofilia é um processo que



responde ao menos parte das associações sociais entre indivíduos. Sabendo que a tática de forrageio promove relações sociais, podemos hipotetizar que também exista influência do aprendizado social nas associações.

É plausível pensar que quanto mais tempo os indivíduos passam juntos, mais chances eles têm de observar, copiar, emular o comportamento uns dos outros (e.g. CANTOR & WHITEHEAD 2013). Há tempo sugere-se que os botos aprendem o comportamento de forrageio, seja por transmissão vertical (filhotes aprendendo com suas mães) ou horizontal e oblíqua (indivíduos aprendendo de seus contatos sociais, aparentados ou não) (SIMOES-LOPES et al. 1998, 2016, WHITEHEAD & RENDELL 2014). No entanto, testar estes processos de aprendizado em campo continua bastante desafiador. Intervenção experimental, em cativeiro ou em campo, poderia ser esclarecedor, mas é bastante difícil com vertebrados terrestres (e.g. NICOL; POPE, 1994a, 1994b; FLACK et al. 2006, APLIN et al. 2013 ), e ainda mais com cetáceos. Assim, um caminho promissor para os próximos estudos seria o desenvolvimento de experimentos *in silico* que simulem cenários de transmissão de comportamento entre indivíduos via diferentes mecanismos (e.g. KOPPS & SHERWIN 2012; FILATOVA & MILLER 2015, CANTOR et al., 2015) para maior entendimento do processo de aprendizado e sua relação com o número e o intensidade de associações sociais. Vale lembrar a importância de estudos observacionais em longo prazo, durante os quais pode ser possível acompanhar o processo de transmissão de um comportamento por aprendizado entre indivíduos da população (e.g. KRÜTZEN et al., 2005; ALLEN et al. 2013)

Em última instância, este trabalho pode contribuir para o debate acadêmico sobre o papel de comportamentos específicos moldando sociedades e consequentemente influenciando algumas das relações ecológicas e evolutivas das espécies. O entendimento de níveis de organização mais altos como o comportamento em si e a estruturação de sociedades (NOVIKOFF, 1945) é de extrema importância no entendimento de processos evolutivos como construção de nicho e a plasticidade do desenvolvimento (LALAND et al., 2015). É importante ter em mente que ecologia, comportamento, evolução—bem como demais eixos da biologia—não são separados uns dos outros por uma “barreira geográfica”, seja da natureza ou do conhecimento. A importância do foco que cada área dá ao seu objeto de estudo é indispensável; porém para melhor compreensão de cada uma e por conseguinte da área que une todas—evolução—é necessária abordagem mais sistêmica do mundo que observamos. Esse trabalho arrisca essa abordagem: mesmo evoluindo múltiplos fatores, sabemos que outros podem influenciar nossos resultados. Para o futuro, com a inclusão de aprendizado social e outros

potenciais mecanismos será possível retirar conclusões mais precisas além de produzir mais exemplos e ferramentas de análises sistêmicas para o estudo da natureza.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, J.; WEINRICH, M. Network-Based Diffusion Analysis Reveals Cultural Transmission of Lobtail Feeding in Humpback Whales. **Science**, v. 340, 2013.
- AMARAL, L. A. N.; OTTINO, J. M. Complex networks: Augmenting the framework for the study of complex systems. **European Physical Journal B**, v. 38, n. 2, p. 147–162, 2004.
- ANSMANN, I. C.; PARRA, G. J.; CHILVERS, B. L.; LANYON, J. M. Dolphins restructure social system after reduction of commercial fisheries. **Animal Behaviour**, v. 84, n. 3, p. 575–581, 2012.
- APLIN, L.M.; FARINE, D.R.; MORAND-FERRON, J.; COLE, E.F.; COCKBRUN, A.; SHELDON, B.C.; Individual personalities predict social behaviour in wild networks of great tits ( *Parus major* ). **Ecology Letters**, p. 1365–1372, 2013.
- AURELI, F.; SCHAFFNER, C. M.; BOESCH, C.; BEARDER, S. K.; CALL, J.; CHAPMAN, C. A.; CONNOR, R.; FIORE, A. D.; DUNBAR, R. I. M.; HENZI, S. P.; HOLEKAMP, K.; KORSTJENS, A. H.; LAYTON, R.; LEE, P.; LEHMANN, J.; MANSON, J. H.; RAMOS-FERNANDEZ, G.; STRIER, K. B.; SCHAIK, C. P. van. Fission-Fusion Dynamics. **Current Anthropology**, v. 49, n. 4, p. 627–654, 2008. Disponível em: <<http://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/586708>>.
- BEJDER, L.; FLETCHER, D.; BRÄGER, S. A method for testing association patterns of social animals. **Animal Behaviour**, v. 56, n. 3, p. 719–725, 1998.
- BLAIR, A.; KAUFMANN, H. Movements and activities of the Atlantic bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, near Sarasota, Florida. **Fishery bulletin**, v. 79, n. 4, 1981.
- CAIRNS, S. J.; SCHWAGER, S. J. A comparison of association indices. **Animal Behaviour**, v. 35, n. 5, p. 1454–1469, 1987.
- CANTOR, M.; SHOEMAKER, L. G.; CABRAL, R. B.; FLORES, C. O.; VARGA, M.; WHITEHEAD, H. Multilevel animal societies can emerge from cultural transmission. **Nature Communications**, v. 6, 2015.
- CANTOR, M.; SIMÕES-LOPES, P. C.; DAURA-JORGE, F. G. Spatial consequences for dolphins specialised in foraging with fishermen. **Animal Behaviour**, v. 139, p. 19–27, 2018.
- CANTOR, M.; WHITEHEAD, H. The interplay between social networks and culture: theoretically and among whales and dolphins. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v.368, n. 20120340, 2013.
- CARTER, A. J.; LEE, A. E. G.; HARRY, H.; TICÓ, M. T.; COWLISHAW, G.; Phenotypic

- assortment in wild primate networks : implications for the dissemination of information. **Royal Society Open Science**, v.2, n.140444, 2015.
- COUZIN, I. D.; KRAUSE, J. Self-organization and collective behavior in vertebrates. **Advances in the Study of Behavior**, n.32, 2003.
- CROFT, D. P.; JAMES, R.; KRAUSE, J. Exploring animal social networks. **Princeton University Press**, 2008.
- CROFT, D. P.; MADDEN, J. R.; FRANKS, D. W.; JAMES, R. Hypothesis testing in animal social networks. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 26, n. 10, p. 502–507, 2011.
- CSARDI, G.; NEPUSZ, T. The igraph software package for complex network research. **InterJournal, Complex Systems**, v. 1695, n. 5, p. 1–9, 2006.
- DAURA-JORGE, F. G. Quantos? Onde? Como? Múltiplos aspectos ecológicos de uma população do boto-da-tainha (*Tursiops truncatus*) em Laguna , sul do Brasil : implicações para conservação. p. 264, 2011.
- DAURA-JORGE, F. G.; CANTOR, M.; INGRAM, S. N.; LUSSEAU, D.; SIMOES-LOPES, P. C.; SIMÕES-LOPES, P. C. The structure of a bottlenose dolphin society is coupled to a unique foraging cooperation with artisanal fishermen. **Biology Letters**, v. 8, n. 5, p. 702–705, 2012. Disponível em: <<http://rsbl.royalsocietypublishing.org/content/8/5/702.short>>.
- DAURA-JORGE, F. G.; INGRAM, S. N.; SIMÕES-LOPES, P. C. Seasonal abundance and adult survival of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in a community that cooperatively forages with fishermen in southern Brazil. **Marine Mammal Science**, v. 29, n. 2, p. 293–311, 2013.
- DAURA-JORGE, F. G.; WEDEKIN, L. L.; PIACENTINI, V. D. Q.; SIMÕES-LOPES, P. C. Seasonal and daily patterns of group size, cohesion and activity of the estuarine dolphin, *Sotalia guianensis* (P.J. van Bénédén) (Cetacea, Delphinidae), in southern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n. 4, p. 1014–1021, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-81752005000400029&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-81752005000400029&script=sci_arttext&tlng=pt)>.
- DEKKER, D.; KRACKHARDT, D.; SNIJDERS, T. A. B. Sensitivity of MRQAP tests to collinearity and autocorrelation conditions. **Psychometrika**, v. 72, n. 4, p. 563–581, 2007. Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs11336-007-9016-1.pdf>>.
- DIEGUES, A. C. A pesca construindo sociedades. **São Paulo: Nupaub-USP**, 2004.
- FARINE, D. R. Measuring phenotypic assortment in animal social networks: Weighted associations are more robust than binary edges. **Animal Behaviour**, v. 89, p. 141–153, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2014.01.001>>.

- FARINE, D. R.; WHITEHEAD, H. Constructing, conducting and interpreting animal social network analysis. **Journal of Animal Ecology**, v. 84, n. 5, p. 1144–1163, 2015.
- FILATOVA, O. A.; MILLER, P. J. O. An agent-based model of dialect evolution in killer whales. **Journal of Theoretical Biology**, p. 1–10, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jtbi.2015.03.020>>.
- FLACK, J. C.; GIRVAN, M.; WAAL, F. B. M. De; KRAKAUER, D. C. Policing stabilizes construction of social niches in primates. **Nature**, v. 439, 2006.
- GAZDA, S.; IYER, S.; KILLINGBACK, T.; CONNOR, R.; BRAULT, S. The importance of delineating networks by activity type in bottlenose dolphins ( *Tursiops truncatus* ) in Cedar Key , Florida Subject Category : Subject Areas : **Royal Society open science**, v. 2, p. 140263, 2015.
- GERO, S.; BEJDER, L.; WHITEHEAD, H.; MANN, J.; CONNOR, R. C. Behaviourally specific preferred associations in bottlenose dolphins , *Tursiops* spp. **Canadian Journal of Zoology**, v. 1573, p. 1566–1573, 2005.
- KATSNELSON, E.; LOTEM, A.; FELDMAN, M. W. Assortative social learning and its implications for human (and animal?) societies. **Evolution**, v. 68, n. 7, p. 1894–1906, 2014.
- KOVACS, C. J.; PERRTREE, R. M.; COX, T. M. Social Differentiation in Common Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) that Engage in Human-Related Foraging Behaviors. **PloS one**, v. 12, n. 2, p. e0170151, 2017.
- KRACKHARDT, D. Predicting with networks: Nonparametric multiple regression analysis of dyadic data. **Social Networks**, v. 10, n. 4, p. 359–381, 1988. Disponível em: <[https://ac.els-cdn.com/0378873388900044/1-s2.0-0378873388900044-main.pdf?\\_tid=89c7594f-37ed-479c-b5a5-fba2d82df7fd&acdnat=1523916328\\_5c338544d0334bd94c809e4e9e0694a7](https://ac.els-cdn.com/0378873388900044/1-s2.0-0378873388900044-main.pdf?_tid=89c7594f-37ed-479c-b5a5-fba2d82df7fd&acdnat=1523916328_5c338544d0334bd94c809e4e9e0694a7)>.
- KRAUSE, J.; JAMES, R.; FRANKS, D. W.; CROFT, D. P. **Animal social networks**. Oxford University Press, USA, 2014.
- KRAUSE, J.; LUSSEAU, D.; JAMES, R. Animal social networks: an introduction. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, p. 967–973, 2009.
- KRAUSE, J.; RUXTON, G. D. Living in groups. **Oxford University Press**, 2002.
- KRÜTZEN, M.; MANN, J.; HEITHAUS, M. R.; CONNOR, R. C.; BEJDER, L.; SHERWIN, W. B. Cultural transmission of tool use in bottlenose dolphins. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 102, n. 25, p. 8939–43, 2005. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1157020&tool=pmcentrez&rend>>.

ertype=abstract>.

LALAND, K. N.; ULLER, T.; FELDMAN, M. W.; STERELNY, K.; MU, G. B.; MOCZEK, A.; JABLONKA, E.; ODLING-SMEE, J. The extended evolutionary synthesis : Its structure , assumptions and predictions. **Darwin review**. v.282, n.20151019, 2015.

LALAND, K. N.; GALEF, B. G. The question of animal culture. **Harvard University Press**, 2009.

LALAND, K. N.; JANIK, V. M. **TRENDS in Ecology and Evolution**, v. 21, n. 10, 2006.

LANDEAU, L.; TERBORGH, J. Oddity and the confusion effect in predation. **Animal Behaviour**, v. 34, n. 5, p. 1372–1380, 1986.

LEATHERWOOD, S.; REEVES, R. R. **The Sierra Club handbook of whales and dolphins**. **University of California Press**, 1983.

LEU, S. T.; FARINE, D. R.; WEY, T. W.; SIH, A.; BULL, C. M. Environment modulates population social structure : experimental evidence from replicated social networks of wild lizards. **Animal Behaviour**, v. 111, p. 23–31, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2015.10.001>>.

LUSSEAU, D. The emergent properties of a dolphin social network. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 270, n. 2, p. 186-188, 2003.

LUSSEAU, D.; NEWMAN, M. E. J. Identifying the role that animals play in their social networks. **Biology Letteres**. p. 477–481, 2004.

MANLY, B. F. J. A Note on the Analysis of Species Co-Occurrences. **Ecology**, v. 76, n. 4, p. 1109–1115, 1995.

MANN, J.; SARGEANT, B. L.; WATSON-CAPPS, J. J.; GIBSON, Q. A.; HEITHAUS, M. R.; CONNOR, R. C.; PATTERSON, E. Why do dolphins carry sponges? **PloS one**, v. 3, n. 12, p. e3868, 2008.

MANN, J.; STANTON, M. a.; PATTERSON, E. M.; BIENENSTOCK, E. J.; SINGH, L. O. Social networks reveal cultural behaviour in tool-using using dolphins. **Nature Communications**, v. 3, p. 980, 2012a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/ncomms1983>>.

MANN, J.; STANTON, M. A.; PATTERSON, E. M.; BIENENSTOCK, E. J.; SINGH, L. O. in tool-using dolphins. **Nature Communications**, v. 3, p. 980–987, 2012b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/ncomms1983>>.

MARINO, L.; CONNOR, R. C.; FORDYCE, R. E.; HERMAN, L. M.; HOF, P. R.; LEFEBVRE, L.; LUSSEAU, D.; MCCOWAN, B.; NIMCHINSKY, E. A.; PACK, A. A.; OTHERS. Cetaceans have complex brains for complex cognition. **PLoS biology**, v. 5, n. 5, p.

e139, 2007.

MCPHERSON, M.; SMITH-LOVIN, L.; COOK, J. M. B IRDS OF A F EATHER : Homophily in Social Networks. **Annual Review of Sociology**, v. 27, p. 415–444, 2001.

MIKLÓS, I.; PODANI, J. Randomization of presence--absence matrices: comments and new algorithms. **Ecology**, v. 85, n. 1, p. 86–92, 2004.

MORENO, K.; ACEVEDO-GUTIÉRREZ, A. The social structure of Golfo Dulce bottlenose dolphins ( *Tursiops truncatus* ) and the influence of behavioural state. **Royal Society Open Science**, v. 3, n. 8, p. 160010, 2016. Disponível em: <<http://rsos.royalsocietypublishing.org/lookup/doi/10.1098/rsos.160010>>.

NEWMAN, M. Networks: an introduction. **Oxford university press**, 2010.

NEWMAN, M. E. J. Finding community structure in networks using the eigenvectors of matrices. **Physical Review E - Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics**, v. 74, n. 3, 2006a.

NEWMAN, M. E. J. Modularity and community structure in networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 23, p. 8577–8582, 2006b. Disponível em: <<http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0601602103>>.

NEWMAN, M. E. J.; GIRVAN, M. Finding and evaluating community structure in networks. p. 1–15, 2003. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/cond-mat/0308217>><<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevE.69.026113>>.

NICOL, C. J.; POPE, S. J. Social learning in small flocks of laying hens. **Animal Behaviour**, v. 47, n. 6, p. 1289–1296, 1994a.

NICOL, C. J.; POPE, S. J. Social learning in sibling pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 40, p. 31–43, 1994b.

PATTERSON, E. M.; MANN, J. The ecological conditions that favor tool use and innovation in wild bottlenose dolphins (*Tursiops* sp.). **PLoS One**, v. 6, n. 7, p. e22243, 2011.

PETERSON, D.; HANAZAKI, N.; SIMÕES-LOPES, P. C. Natural resource appropriation in cooperative artisanal fishing between fishermen and dolphins (*Tursiops truncatus*) in Laguna, Brazil. **Ocean and Coastal Management**, v. 51, n. 6, p. 469–475, 2008.

PINTER-WOLLMAN, N.; HOBSON, E. A.; SMITH, J. E.; EDELMAN, A. J.; SHIZUKA, D.; DE SILVA, S.; WATERS, J. S.; PRAGER, S. D.; SASAKI, T.; WITTEMYER, G.; OTHERS. The dynamics of animal social networks: analytical, conceptual, and theoretical advances. **Behavioral Ecology**, v. 25, n. 2, p. 242–255, 2013.

PROULX, S. R.; PROMISLOW, D. E. L.; PHILLIPS, P. C. Network thinking in ecology and

evolution. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 20, n. 6, p. 345–353, 2005.

SARGEANT, B. L.; MANN, J. Developmental evidence for foraging traditions in wild bottlenose dolphins. **Animal Behaviour**, v. 78, n. 3, p. 715–721, 2009.

SHANE, S. H.; WELLS, R. S.; WÜRSIG, B. Ecology, behavior and social organization of the bottlenose dolphin: a review. **Marine Mammal Science**, v. 2, n. 1, p. 34–63, 1986.

SIMÕES-LOPES, P. C.; DAURA-JORGE, F. G.; CANTOR, M. Clues of cultural transmission in cooperative foraging between artisanal fishermen and bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* (Cetacea: Delphinidae). **Zoologia (Curitiba)**, v. 33, n. 6, p. 4–7, 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1984-46702016000600200&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-46702016000600200&lng=en&nrm=iso&tlng=en).

SIMÕES-LOPES, P. C.; FABIÁN, M. E.; MENEGHETTI, J. O. Dolphin interactions with the mullet artisanal fishing on Southern Brazil: a qualitative and quantitative approach. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 15, n. 3, p. 709–726, 1998.

SIMÕES-LOPES, P.C.; Intraspecific agonistic behavior of *Tursiops truncatus* (Cetacea, Delphinidae) during dolphin-human cooperative fishing in Southern Brazil. **Biotemas (UFSC)**, v.11, n.2, p.164-172, 1998.

SPIEGEL, O.; SIH, A.; LEU, S. T.; BULL, C. M. SPECIAL ISSUE : SOCIAL NETWORKS Where should we meet ? Mapping social network interactions of sleepy lizards shows sex-dependent social network structure SPECIAL ISSUE : SOCIAL NETWORKS. **Animal Behaviour**, v. 136, p. 207–215, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2017.11.001>.

STRANDBURG-PESHKIN, A.; FARINE, D. R.; CROFOOT, M. C.; COUZIN, I. D. Habitat and social factors shape individual decisions and emergent group structure during baboon collective movement. **eLife**. v.6, n.19505, 2017.

WASSERMAN, S.; FAUST, K. Social network analysis: Methods and applications. **Cambridge University Press**, v. 1, p. 116, 1994. Disponível em: [http://code.pediapress.com/for more information.%5Cn%5Cnhttp://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=CAm2DpIqRUIC&oi=fnd&pg=PR21&dq=Social+Network+Analysis+Theory+and+Applications&ots=HvGsscXFtd&sig=eWsLNpue\\_hGwJdi43JF0\\_YcWAR4](http://code.pediapress.com/for more information.%5Cn%5Cnhttp://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=CAm2DpIqRUIC&oi=fnd&pg=PR21&dq=Social+Network+Analysis+Theory+and+Applications&ots=HvGsscXFtd&sig=eWsLNpue_hGwJdi43JF0_YcWAR4).

WELLS, R. S.; SCOTT, M. D. Common bottlenose dolphin: *Tursiops truncatus*. In: **Encyclopedia of Marine Mammals (Second Edition)**. Elsevier, 2009. p. 249–255.

WEY, T. W.; BLUMSTEIN, D. T. Social cohesion in yellow-bellied marmots is established through age and kin structuring. **Animal Behaviour**, v. 79, n. 6, p. 1343–1352, 2010.



Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2010.03.008>>.

WHITEHEAD, H. Analyzing animal societies: quantitative methods for vertebrate social analysis. **University of Chicago Press**, 2008.

WHITEHEAD, H.; DUFAULT, S. Techniques for analyzing vertebrate social structure using identified individuals. **Adv Stud Behav**, v. 28, p. 33–74, 1999.

WHITEHEAD, H.; RENDELL, L. The cultural lives of whales and dolphins. **University of Chicago Press**, 2014.

WILSON, E. O. Sociobiology. The New Synthesis. **Belk-nap/Harvard University Press, Cambridge, MA**, 1975.

WÜRSIG, B.; WÜRSIG, M. The photographic determination of group size, composition, and stability of coastal porpoises (*Tursiops truncatus*). **Science**, v. 198, n. 4318, p. 755–756, 1977.